

### Zeitmessung nach Tausendstel-Sekunden.

Der nie rastende Fortschritt der Wissenschaften und der höheren Technik bedingt eine stets steigende Vervollkommnung ihrer Hilfswerkzeuge, zu deren Herstellung die Beihilfe mannigfacher Gewerbe nöthig wird. Die bedeutendsten dieser Hilfsmittel liefert neben dem Optiker und Feinmechaniker wohl der Präcisions-Uhrmacher, der Vertreter der Zeitmesskunst in ihrer höchsten Vollendung. Schon längst genügt es der Astronomie, der Chemie, der Ballistik, der Elektrizitätslehre und verwandten Wissenschaften nicht mehr, die Zeit nach Sekunden genau zugemessen zu erhalten; selbst für kleinere Experimente auf diesen Gebieten ist mindestens ein Chronograph erforderlich, der Fünftel-Sekunden angiebt. Für wichtigere Versuche sind schon seit langer Zeit sogenannte »Tertienzähler« im Gebrauch, welche die Sekunden in hundert (früher in sechzig) gleiche Theile zerlegen.

Fig. 1.



Doch auch das genügt den heutigen Anforderungen mancher Forscher nicht mehr, obwohl der Zeitraum einer Hundertstel-Sekunde schon so klein ist, dass der Mensch mit seinen natürlichen Mitteln keinen Massstab mehr dafür hat.\* Die Wissenschaft verlangt jetzt, kleine Zeiträume nach Tausendstel-Sekunden genau messen zu können. Auf welche Weise dieses Verlangen erfüllt wird, das unseren werthen Lesern zu beschreiben, soll die Aufgabe der vorliegenden Zeilen sein.

Fig. 1 zeigt einen derartigen Apparat, mit welchem man kleine

\*) So ist z. B. Niemand im Stande, einen Tertienzähler, der durch einen leichten Druck auf einen Knopf ausgelöst und durch den nächsten Druck wieder abgestellt werden kann, etwa blos für die Dauer einer einzigen Tertie in Gang zu setzen, wenn man sich auch noch so sehr bemüht, die beiden Fingerbewegungen möglichst schnell auf einander folgen zu lassen. Stets werden zwischen diesen beiden Bethätigungen der seelischen (Denk-) und körperlichen (Bewegungs-) Kraft mindestens sechs Tertien liegen; der Anfänger bringt eine solche Abstellung selten unter fünfzehn, nie unter zwölf Tertien Zeitverlust zu Stande.

Zeiträume bis auf eine Tausendstel-Sekunde genau messen kann. Derselbe ist von unserem genialen Herrn Kollegen F. L. Löbner in Berlin (W., Potsdamerstr. 23) ausgeführt, der vielen unserer Leser persönlich bekannt ist und den Uebrigen als Lieferant der Uhren für das neue Reichstagsgebäude (vergl. Seite 142, vorig. Jahrg.) noch in Erinnerung sein dürfte.

Der Apparat besteht aus einem fahrbaren Untergestell, über welchem sich ein 3 m im Durchmesser haltendes Zifferblatt erhebt, das zwei verschiedene Theilkreise, einen inneren mit 200, und einen äusseren mit 360 Theilstrichen, aufweist. Der Zeiger, welchem wechselnde Umlaufgeschwindigkeit ertheilt werden kann, vollendet bei voller Geschwindigkeit in jeder Sekunde nicht weniger als fünf Umgänge, sodass er während der Umdrehung für das Auge vollständig verschwindet.

Bei diesem kolossalen Schwunge des über 2 m langen Zeigers liesse sich das ihn bewegende Uhrwerk natürlich nicht plötzlich anhalten, ohne dass die in solch' schneller Bewegung befindlichen Theile zerbrechen würden. Zum Ablesen der vom Zeiger angegebenen Zeit bedient man sich deshalb eines photographischen Apparates mit lichtempfindlichen Platten und ausserordentlich genau ausgeführtem Momentverschluss, der im gegebenen Augenblicke auf elektrischem Wege ausgelöst wird. Das photographische Bild giebt alsdann die Stellung des dahinrasenden Zeigers in dem betreffenden Augenblicke wieder. Ist der Momentverschluss des photographischen Apparates nur ganz wenig mangelhaft, so entsteht auf der Platte ein kometschweif-ähnliches, verschwommenes Bild anstatt des scharf ausgeprägten Zeigers.

Das in Fig. 1 hinter dem Zifferblatt verborgene Uhrwerk dieses Apparates wird durch die rechts sichtbaren, etwa 400 kg schweren Gewichte getrieben; diese Letzteren haben eine Fallhöhe von 4 m, welche je nach der Laufgeschwindigkeit des Werkes in dem kurzen Zeitraum von 5 bis 25 Minuten durchlaufen werden. Dieser Umstand giebt einen annähernden Begriff von der Stärke des Uhrwerkes; entsprechend dem kolossalen Weg, den der Zeiger in kürzester Zeit zurücklegt, muss natürlich eine enorme Triebkraft zur Verwendung kommen.

Die links von dem Untergestell des Apparates sichtbaren Rollen enthalten die Kabeldrähte, welche zur elektrischen Auslösung und Arretirung des Uhrwerkes dienen.

Fig. 2.

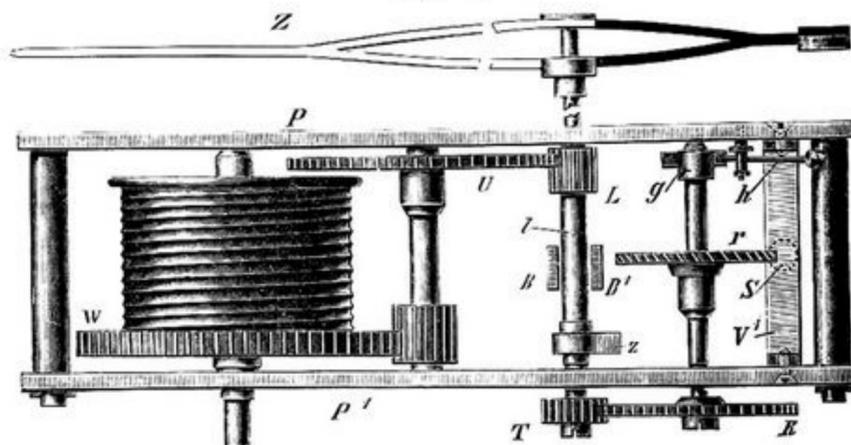


Fig. 2 ist ein Grundriss des grossen Uhrwerkes, wobei jedoch die Hemmung weggelassen ist. *P* und *P'* sind die beiden Platinen, *W* das Walzenrad, *U* ein Uebersetzungsrad, *L* ein Lauftrieb mit nach rückwärts verlängerter Achse, auf welcher ein auswechselbares Rad *T* sitzt. Dieses greift in ein gleichfalls auswechselbares, grösseres Rad *R*, welches auf dem verlängerten hinteren Zapfen des Schneckenrades *r* sitzt. Letzteres hat 36 Zähne und steht im Eingriff mit einer sechsläufigen Schnecke (*S*, Fig. 3), die in Fig. 2 nur durch den punktirten Kreis *S* angedeutet ist.

Die indirekte Uebersetzung (durch die beiden Räder *T* und *R*) vom Walzenrad zur Hemmung des Uhrwerkes ist deshalb nothwendig, weil von dem Besteller des vorliegenden Apparates die Forderung gestellt war, dem Zeiger *Z* nach Belieben verschiedene Geschwindigkeiten ertheilen zu können. Diese wechselnde Geschwindigkeit konnte aber bei der ausserordentlich feinen Regulirung, welche von der Hemmung des Apparates verlangt wurde, nicht etwa an dieser Letzteren (durch Veränderung der Pendellänge oder dergl.) erfolgen; die Umdrehungsgeschwindigkeit des Schneckenrades musste vielmehr eine konstante bleiben, und zwar beträgt dieselbe beständig eine Umdrehung in drei Sekunden. Die wechselnde Geschwindigkeit des Zeigerlaufs wird durch Auswechselung des Räderpaares *T R* bewirkt; es sind zu diesem Zwecke drei verschiedene Räderpaare vorhanden, durch deren Anwendung die Geschwindigkeit des Zeigers nach Belieben auf eine, drei oder fünf Umdrehungen in der Sekunde eingestellt werden kann. Um den sämtlichen Räderpaaren eine und dieselbe Verzahnung geben zu können, mussten die Zahnzahlen dementsprechend gewählt werden. Um den Zeiger *Z* eine Umdrehung in der Sekunde machen zu lassen, wird ein Rad *T* mit 40 Zähnen, ein Rad *R* mit 120 Zähnen aufgesetzt. Soll der Zeiger drei Umdrehungen in der Sekunde machen, so hat das Rad *T* 16, das Rad *R* 144 Zähne. Will man den Zeiger in jeder Sekunde fünfmal das Zifferblatt umkreisen lassen, so wird ein Rad *T* mit 10 Zähnen, ein Rad *R* mit 150 Zähnen aufgesteckt.

Um die Reibung an der Zeigerwelle möglichst zu vermindern, ruhen

die Zapfen derselben auf beweglichen (in Fig. 2 nicht angegebenen) Walzen, ähnlich den bekannten „Kugellagern“ an den Fahrrädern.

Da der Gang dieses Uhrwerks ganz geräuschlos, der Zeiger selbst aber während der Umdrehung unsichtbar ist, so wurden mehrere Kontroll-Vorrichtungen an dem Apparate notwendig. Eine davon besteht in dem in Fig. 2 sichtbaren Hammer *h*; dieser wird durch die Zähne eines auf der Achse des Schneckenrades *r* sitzenden dreizähligen Sterns *g* ausgehoben und markirt beim Niederfallen auf einen der Pfeiler des Uhrwerks hörbar die Sekunden.

Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

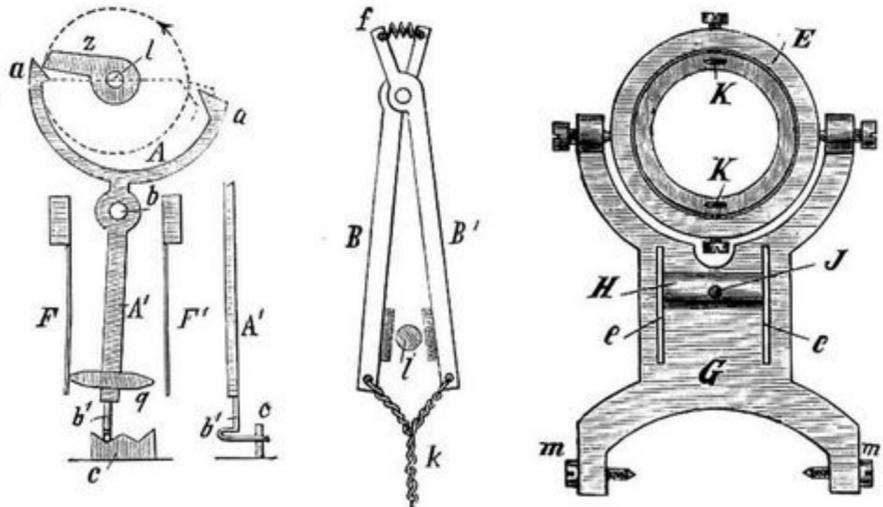
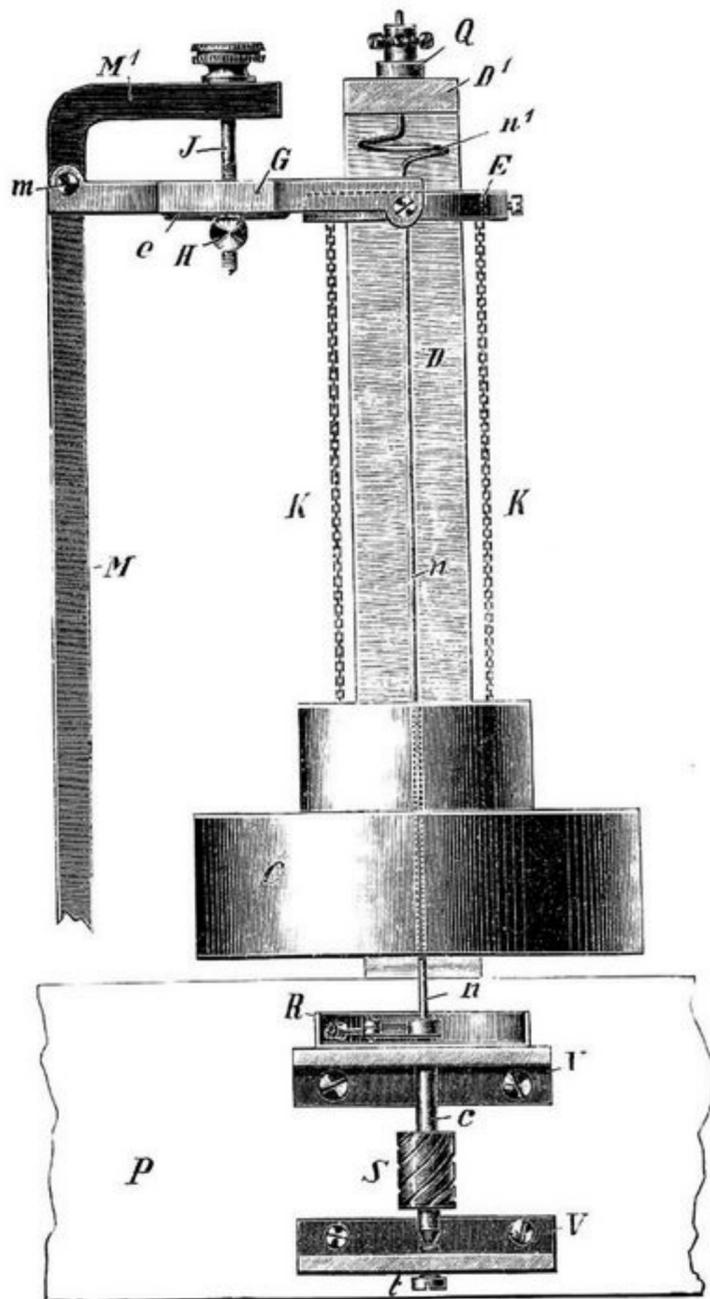


Fig. 6.



Eine weitere Kontroll-Vorrichtung ist in Fig. 3 veranschaulicht. Auf der Achse *l* des Zeigers ist nämlich ein Zahn *z* (Fig. 2 und 3) angebracht. Derselbe wirkt auf die beiden Paletten *a a'* eines Ankers *A* in der Weise ein, dass dieser um seinen Drehpunkt *b* hin und her schwingt, wobei das an dem Arme *A'* befindliche Querstück *q* abwechselnd mit den beiden Kontaktfedern *F* und *F'* in Berührung kommt und jedesmal einen Stromschluss bewirkt, der auf den weiter unten beschriebenen Registrir-Apparat einwirkt. Bei jeder Umdrehung des Zeigers erfolgen zwei solcher Stromschlüsse, je einer an jeder der beiden Kontaktfedern *F F'*. Das federnde Ende *b'* des Armes *A'* stellt in den Lücken einer

zackig ausgefeilten Metallplatte den Anker *A* in den beiden erforderlichen Stellungen fest.

Es ist schon weiter oben erwähnt worden, dass ein plötzliches Anhalten des in rasendem Lauf befindlichen Werkes unthunlich ist; es musste deshalb für eine mehr allmählich wirkende Arretirvorrichtung gesorgt werden. Als solche dient die in Fig. 4 veranschaulichte, auf die Zeigerachse *l* einwirkende Bremse. Dieselbe besteht aus einer Art Scheere, deren kürzere Arme durch eine Feder *f* auseinander gehalten werden. Die längeren, an der Innenseite mit Messingbacken ausgestatteten Arme sind durch eine Kette *k* verbunden, an welcher man zieht, wenn man das Werk anhalten will.

Selbstverständlich konnten bei einem Apparate, der so sehr genau arbeiten soll, die gewöhnlichen Regulierungsmittel nicht ausreichen. Die Hemmung dieses Uhrwerks ist denn auch von ganz eigenartiger, höchst sinnreicher Ausführung. Fig. 6 stellt dieselbe in Seitenansicht dar.

Zwischen den beiden Platinen, von denen die eine (*P*) in Fig. 6 sichtbar ist, sind zwei Schienen *V V'* angebracht, von denen die obere (*V*) ein Zapfenlager für die Welle der Schnecke *S* enthält, während in der unteren eine Schraube *t* eingelassen ist, deren Hohlkörner das untere Lager für die Schneckenwelle bildet.

Das in die Schnecke *S* eingreifende Schneckenrad *r*, Fig. 2, macht, wie schon erwähnt, je eine Umdrehung in drei Sekunden. Um diese Umdrehung in fortlaufend gleicher Geschwindigkeit zu erhalten, ist mit der Schnecke ein sogenanntes konisches Pendel verbunden. Dasselbe besteht aus der 20 kg schweren Linse *C*, die mittelst zweier Stahlketten *k k*, ungefähr von der Stärke der Ketten einer Achttag-Hausuhr, an der kardanischen Aufhängung *G E* konzentrisch zur Achse der Schnecke *S* aufgehängt ist.

Die kardanische Aufhängung (oder das Universalgelenk) *G E* ist in Fig. 5 von der Unterseite her abgebildet. Dieselbe ist mittelst zweier Schrauben *m m'* an einem starken Träger *M M'*, Fig. 6, befestigt und lässt sich mittelst der Regulirschraube *J* nach Belieben höher oder tiefer stellen. Um die Einstellung recht fein zu machen, ist unterhalb des Gestelles *G* des Universalgelenks eine Walze *H* angebracht, in welche sich die Stellschraube *J* hineinschraubt; zwei an dem Gestell *G* angelegene Wülste *e e* (Fig. 5) verhindern eine seitliche Verschiebung der Walze *H* oder der Aufhängung selbst.

Die Pendellinse *C* ist nun auf folgende Weise mit der Schnecke *S* in Verbindung gebracht. Von einer Platine zur anderen läuft ein hoher, starker Bügel *D* (in Fig. 6 oben abgebrochen gezeichnet), an welchem sich ein Futter *Q* mit sechs Schrauben befindet. Vermittelst dieser Schrauben ist in dem Futter *Q* das obere Ende eines stählernen Führungsdrahtes *n* befestigt, der bei *n'* in einen Schraubenumgang gebogen ist, damit er sich leicht im Kreise herumbiegen kann.

Der untere Theil dieses Drahtes *n* geht frei durch die Linse *C*, und das letzte Ende desselben steckt in einem Arm *i*, Fig. 7 und 8, der gelenkartig mit dem auf der Schneckenwelle *c* sitzenden Arm *d* verbunden ist. Wenn sich nun die Schnecke *S* (Fig. 6) dreht, so führt sie den Arm *i* (Fig. 7 und 8) mit dem unteren Ende des Drahtes *n*, also auch mit der Pendellinse *C*, im Kreise herum in der Richtung des Pfeils in Fig. 7.

Fig. 7.

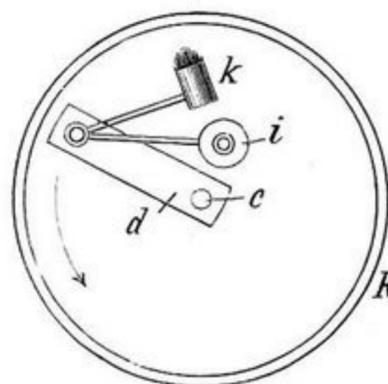
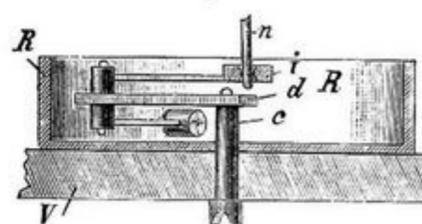


Fig. 8.



Damit nun durch die Wirkung der Zentrifugalkraft die Kreisschwingungen der Pendellinse *C* nicht allzu gross werden können, ist mit dem Arm *i*, Fig. 7 und 8, ein zweiter Arm *k*, in welchem eine kleine Bürste steckt, fest verbunden. Auf der oberen Schiene *V*, Fig. 6 und 8, ist ferner ein Ring *R* angebracht, innerhalb dessen die Theile *i d k* sich im Kreise drehen, und zwar so, dass die Bürste *k* (Fig. 7) unweit der inneren Wand des Ringes *R* schwingt. Entfernen sich nun die Arme *i* und *k* zu weit von der Welle *c* (Fig. 7), so schlägt das Bürstchen an die Wand des Ringes *R* und bringt dadurch eine augenblickliche Verkleinerung der Schwingungen hervor, ohne jedoch dieselben in ihrer Geschwindigkeit zu verändern.

Nachdem nun der Gang dieses eigenartigen Laufwerks aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, erübrigt uns noch, die Art und Weise der Auslösung, der Arretirung und insbesondere die ausserordentlich sinnreiche Kontroll-Vorrichtung zu beschreiben, mittelst welcher der Beweis geliefert wird, dass beispielsweise bei der Einstellung des Apparates auf die Angabe von Tausendstel-Sekunden auch wirklich der Zeitraum, den der Zeiger zum Durchlaufen eines Theilstriches am Zifferblatt gebraucht, genau ein Tausendtheil einer Sekunde beträgt, oder mit anderen Worten: dass nicht etwa 999 oder 1001 solcher Tausendtheile auf eine Sekunde entfallen. (Fortsetzung folgt.)

**Zeitmessung nach Tausendstel-Sekunden.**

(Fortsetzung von No. 8)

Diese Kontrolle wird vermittelt des in Fig. 9 abgebildeten Chronographen ausgeführt. Derselbe besteht aus einer 50 cm langen, 20 cm im Durchmesser haltenden Walze *W*, deren Achse durch ein Laufwerk *U* in Umdrehung versetzt wird. Das Uhrwerk und die Walze sind auf einem starken Gestell *G* in entsprechender Weise montirt. Um die verschiedenen Theile recht gross und deutlich darstellen zu können, ist die in Wirklichkeit verhältnissmässig viel längere Walze *W* (und demzufolge auch das darunter befindliche Gestell *G*) verhältnissmässig zu kurz gezeichnet worden.

Die Walze *W* wird vor dem jedesmaligen Gebrauch des Chronographen dicht und gleichmässig berusst, und aus dieser Russfläche nehmen die verschiedenen dicht über der Walze stehenden Registrirstifte kürzere oder längere Streifen, die man nachher deutlich ablesen kann. Zur bequemeren Handhabung beim Berussen und beim Reinigen der Walze ist der eine Zapfen derselben verlängert und mit einem Viereck *v* versehen, auf welches eine Kurbel gesetzt wird, wenn jene beiden Arbeiten vorgenommen werden müssen.

Der eine der soeben erwähnten Schreibstifte ist mit dem Anker eines Elektromagneten verbunden, welcher mit einer Sekundenpendeluhr in elektrische Verbindung gebracht ist, und zwar derart, dass jeder Pendelschlag der Uhr einen ausserordentlich kurzen, blitzartigen Kontakt erzeugt. In demselben Augenblicke zieht der Anker des betreffenden Elektromagneten den Hebel mit dem Schreib- oder Registrirstift an, und dieser erzeugt auf der in Umdrehung befindlichen Walze *W* jedesmal einen kleinen Strich. Die hierdurch erzeugten Striche lassen also die Sekunden erkennen.

Ein zweiter ebensolcher Schreibstift ist in gleicher Weise mit der in Fig. 3 (No. 8) abgebildeten Kontroll-Vorrichtung, welche in der Sekunde zehn Kontaktschlüsse bewirkt, in Verbindung gebracht; die von diesem Stift erzeugten Striche geben demnach Zehntels-Sekunden an.

Die soeben erwähnten beiden Registrirstifte nebst den zugehörigen Elektromagneten sind auf dem in Fig. 9 sichtbaren Schlitten *S* montirt, in der Zeichnung jedoch weggelassen, damit der wichtigste und interessanteste Theil dieses Apparates umso deutlicher sichtbar wird, nämlich die Stimmgabel *g*, welche vermittelt der beiden Regulirgewichte *p p* derart abgestimmt ist, dass sie gerade 100 Schwingungen in der Sekunde macht. Der mit Führungsrollen auf einer Leitstange und mit flachen Rollen auf einer breiten Schiene stehende Schlitten *S* wird vermittelt der vom Uhrwerk *U* in Umdrehung versetzten Leitspindel *L* seitlich verschoben, während gleichzeitig die Walze *W* sich umdreht. Wird nun die Stimmgabel *g* in Schwingungen versetzt und in diesem Zustand erhalten, so zeichnet die an dem einen Schenkel der Gabel angebrachte Registrirfeder *f* eine Wellenlinie in die berusste Walze, wie dies am rechten Ende derselben in der Zeichnung angedeutet ist. Diese Wellenlinien lassen sich mit Hilfe der neben ihnen zu beiden Seiten verlaufenden Sekunden- und Zehntelssekundenstriche sehr leicht und schnell abzählen, und auf diese Art lässt sich eine genaue Kontrolle über das in No. 8 beschriebene Uhrwerk ausüben, wenn man dieses und den Chronographen gleichzeitig auf elektrischem Wege in Gang setzt und ebenso anhält.

Um nun die registrirende Stimmgabel *g* in Schwingungen zu versetzen und dauernd in denselben zu erhalten, ist vor der Walze *W* der in Fig. 10 abgebildete Apparat angebracht. Derselbe besteht ebenfalls aus einer Stimmgabel *g*<sup>1</sup>, welche der vorerwähnten (jedoch als die zweite zu betrachtenden) Stimmgabel *g* ganz gleich gearbeitet und mit den beiden Regulirgewichten *p*<sup>1</sup> *p*<sup>1</sup> versehen ist.

Der obere Schenkel der Stimmgabel *g*<sup>1</sup> ist mit einer Verlängerung *w* versehen, in welcher sich eine Kontaktschraube *A* befindet, die in einen Platinstift *e* endigt. Unterhalb desselben steht ein kleiner Becher *B*, der durch ein an seinem unteren Ende befindliches Gewinde in seinem Fusse verstellbar ist, sodass er höher oder tiefer geschraubt werden kann. Dieser Becher enthält Quecksilber und ist deshalb aus Stahl gearbeitet, da ausser diesem und Eisen fast alle anderen Metalle durch Quecksilber angegriffen, bezw. aufgelöst werden.

Der Träger der Stimmgabel *g*<sup>1</sup> einerseits und der Fuss des Bechers *B* andererseits sind mit den beiden Elektromagneten der Stimmgabel *g* leitend verbunden; der Strom geht durch die Elektromagneten *EE*, sobald der Platinstift *e* in das Quecksilber taucht. Die Polschuhe der Elektromagneten ziehen demgemäss in demselben Augenblicke die Schenkel der zweiten Stimmgabel *g* an, lassen dieselben aber sofort wieder los, sobald der Platinstift *e* aus dem Quecksilber heraustritt.

Jede einzelne Schwingung der ersten Stimmgabel *g*<sup>1</sup> bewirkt mithin gleichzeitig eine Schwingung der zweiten Stimmgabel *g*, und zwar sind die

Schwingungen dieser letzteren Gabel vergrössert, weil sie durch die Anziehungskraft der Elektromagneten *EE* verstärkt werden. Infolge dessen erzeugt die Schreibfeder *f* eine sehr deutliche Wellenlinie auf der sich drehenden Walze *W*, wobei jede Welle einer Schwingung entspricht. Die erste Stimmgabel *g*<sup>1</sup> hat nur die Aufgabe, die 100 Kontaktschlüsse in der Sekunde zu bewirken und die zweite Stimmgabel *g* zu erregen; diese Letztere dagegen erzeugt die Niederschrift (Registrirung) der Schwingungen, und es ist leicht einzusehen, dass man aus den Aufzeichnungen

der Schwingungen auf der Walze *W* ganz genau ersehen kann, wie viele Schwingungen die Stimmgabeln in der Sekunde machen. Die Regulirung auf 100 Schwingungen in der Sekunde erfolgt, wie schon erwähnt, durch Verschiebung der Regulirgewichte *p p* (Fig. 9) und *p*<sup>1</sup> *p*<sup>1</sup> (Fig. 10); schiebt man dieselben näher an das freie Ende des Gabelschenkel, so schwingt die betreffende Stimmgabel langsamer, und umgekehrt. Die Länge der schwingenden Schenkel beträgt etwa 40 cm.

Ausser zur Vergrösserung der Schwingungen der Gabel *g* dienen die Elektromagneten *EE* auch dazu, die beiden Stimmgabeln für längere Dauer in Schwingung zu erhalten. Die durch einen Schlag mit einem Holzhammer in Schwingung versetzte Stimmgabel würde nach ganz kurzer Zeit kleinere Schwingungen machen und bald darauf ganz aufhören zu schwingen, wenn nicht die Anziehungskraft der Elektromagneten *EE* dafür sorgen würde, dass die Schwingungen der Gabel *g* beständig dieselbe Grösse behalten, selbst wenn das Experiment mehrere Minuten lang dauert.

Von ausserordentlicher Wichtigkeit ist es hierbei, die Kontaktstelle *e* (Fig. 10) recht rein zu erhalten. Beim jedesmaligen Austritt des Platinstiftes *e* aus dem Quecksilber bildet sich nämlich stets ein elektrischer Funke, der nach ganz kurzer Zeit das ursprünglich spiegelblanke Quecksilber mit einer Haut von Oxyd oder Russ überzieht, wodurch der Stromschluss versagen würde, wenn nicht besondere Vorsorge dagegen getroffen wäre. Der Becher *B* wird nämlich nicht ganz mit Quecksilber gefüllt, sodass oben noch ein wenig Raum bleibt, in welchen eine Schicht absoluten Alkohols gegossen wird. Dadurch kann man auf längere Zeit die erwähnte Oxydation des Quecksilbers vermeiden, weil jetzt der Stromschluss unter der Oberfläche des Alkohols, also unter vollständigem Abschluss von der atmosphärischen Luft stattfindet.

Der Alkohol muss vollkommen rein sein und öfters erneuert werden,

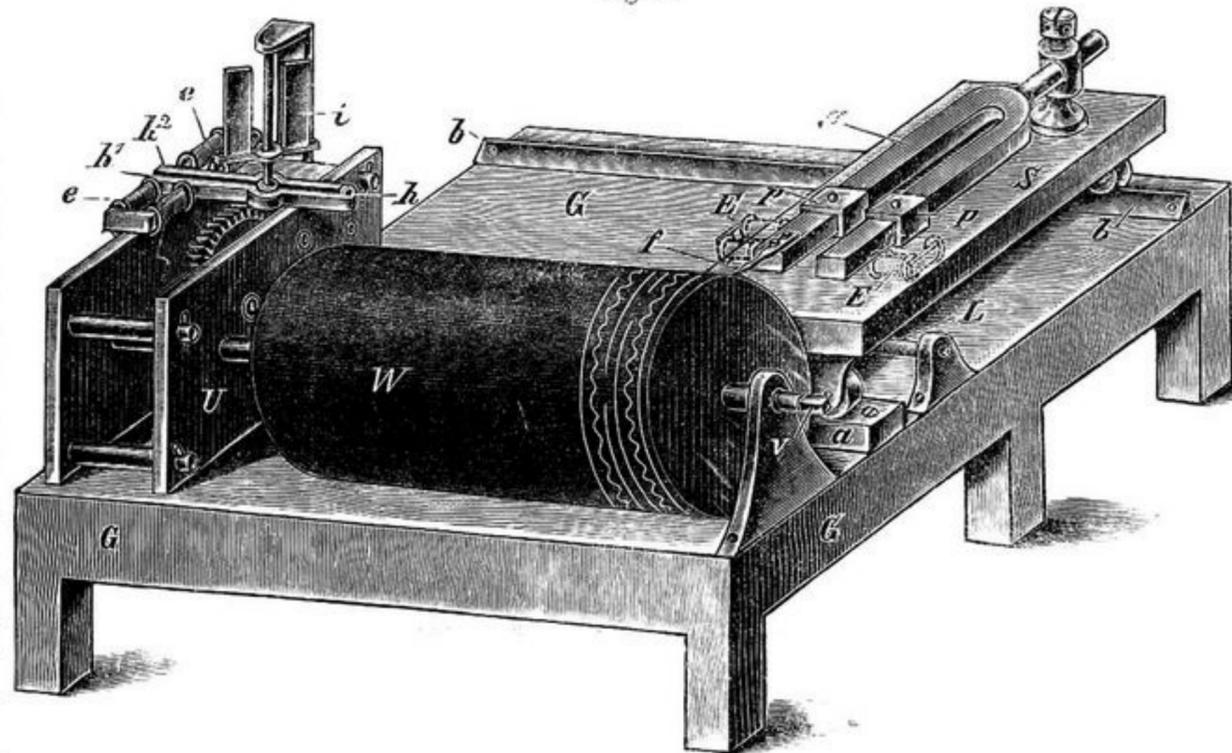


Fig. 9.

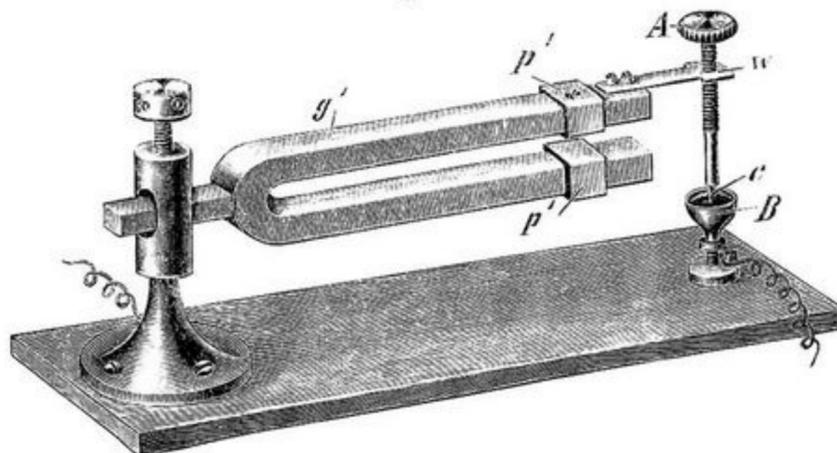


Fig. 10.

da er leicht verdunstet und sich sogar, wenn die obenauf stehende Schicht gar zu dünn geworden ist, durch den elektrischen Funken entzünden kann. Dieser Theil des Apparates ist überhaupt ausserordentlich empfindlich; er muss deshalb vor dem jedesmaligen Gebrauche des Chronographen stets neu justirt werden, wesshalb auch sämtliche Theile des Kontaktes verstellbar sind. Das gereinigte Quecksilber wird jedesmal frisch eingefüllt, ebenso der Alkohol; die Spitze des Platinstifts *c* wird auf's genaueste eingestellt, damit der Stromschluss und ebenso die Unterbrechung auch bei jeder Schwingung des Gabelschenkels sicher stattfindet, etc.

Das Laufwerk *U* ist mit einer elektrischen Auslöse- und Arretirvorrichtung versehen, die in Fig. 9 angedeutet ist. Diese Vorrichtung besteht in einer Art Scheere, die bei *h* mit einem Scharnier versehen ist, und deren beide Schenkel *h*<sup>1</sup> *h*<sup>2</sup> im Ruhezustande durch eine Feder zusammengedrückt werden, sodass sie eine auf der Welle des Windfangs *i* sitzende Scheibe umschliessen und damit das Laufwerk *U* anhalten. Zu beiden Seiten der Schenkel *h*<sup>1</sup> *h*<sup>2</sup> sind zwei Elektromagneten *e e* angeordnet, durch welche man einen Strom leitet, wenn man das Laufwerk *U* auslösen will. Die Polschuhe dieser Elektromagneten ziehen alsdann die Schenkel *h*<sup>1</sup> *h*<sup>2</sup> an, die Scheere öffnet sich und das Laufwerk setzt sich in Gang, um darin so lange zu verbleiben, bis der elektrische Strom wieder abgestellt wird.

Der Schluss sowie die Unterbrechung des Stromes kann sowohl von Hand als auch durch irgend welche mechanische Vorrichtung, welche an dem zu beobachtenden Apparat angebracht ist, bewirkt werden. Angenommen, es würde sich darum handeln, festzustellen, wie lange die Belichtung einer photographischen Platte dauert, so würde an dem Verschluss des photographischen Apparates eine kleine mechanische Vorrichtung angebracht sein müssen, die in dem Augenblicke, wo die Belichtung anfängt, den Strom schliesst, und denselben unterbricht, sobald die Aufnahme beendet ist. Mit diesem Mechanismus würde alsdann eine vierte, auf dem Schlitten *S* (Fig. 9) angebrachte Registrirfeder derart in Verbindung zu bringen sein, dass sie auf der rotirenden Walze *W* einen Strich erzeugt, der genau die Länge der Belichtungszeit angiebt. Der Durchmesser und die Umdrehungsgeschwindigkeit der Walze *W* sind nämlich derart gewählt, dass die Wellen der auf Letzterer von der Stimmgabel *g* erzeugten Linien genau 10 mm lang sind (von einer Wellenspitze zu der nächstfolgenden). Da nun jede Welle einer Hundertstel-Sekunde entspricht, so braucht man nur den Abstand des Endpunktes des betreffenden Kontaktstriches von der vorhergehenden Wellenspitze in Millimetern zu messen, um die Tausendstel-Sekunden zu wissen.

Ausserdem würde man aber den gleichen photographischen Apparat gleichzeitig auch dazu verwenden, um den in Umdrehung befindlichen grossen Zeiger des in Fig. 1. (siehe No. 8) abgebildeten Uhrwerkes während der zu messenden Belichtungszeit zu photographiren. Der Zeiger wird alsdann (wie auf Seite 89 bereits erwähnt) auf dem schwarzen Grunde des grossen Zifferblattes als eine kometenschweifähnliche helle Stelle sichtbar werden, und der von dieser eingeschlossene Winkel giebt auf dem Zifferblatte die Zahl der Tausendstel-Sekunden an, während deren der Verschluss des Apparates geöffnet blieb und deren Anzahl mit den auf dem Chronographen (Fig. 9) registrirten genau übereinstimmen muss.

In ähnlicher Weise verfährt man, um beispielsweise die genaue Zeit zu messen, die ein fallender Körper gebraucht, indem man den Anfang sowie die Beendigung des Falles auf einfache Weise in elektrische Verbindung mit den beiden Apparaten Fig. 1 und Fig. 9 bringt. Beim Aufstossen des betreffenden Körpers wird alsdann gleichzeitig der Momentverschluss eines photographischen Apparates ausgelöst, welcher die Stellung des grossen Zeigers in jenem Augenblick wiedergiebt.

Eine noch genauere Kontrolle lässt sich erzielen, wenn man während der zu dem betreffenden Experiment benötigten Zeit in gleichen, sehr schnell auf einander folgenden Zwischenräumen eine grössere Anzahl (meistens 10—12) photographischer Aufnahmen des dahinrasenden Zeigers herstellt. Die zu den blitzartig schnell wirkenden Verschlüssen eines solchen photographischen Apparates erforderlichen Uhrwerke hat Herr Kollege Löbner, der Erbauer der hier beschriebenen genialen Apparate, ebenfalls persönlich entworfen und in eigener Werkstatt angefertigt.